

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-064595

(43)Date of publication of application : 05.03.1999

(51)Int.Cl.

621K 1/06

(21)Application number : 09-230875

(71)Applicant : RIGAKU IND CO

(22)Date of filing : 27.08.1997

(72)Inventor : ARAI TOMOYA

## (54) X-RAY SPECTRAL ELEMENT

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To generate an X-ray converged with sufficient intensity and little background by converging the X-ray emitted vertically to z-direction from one focus of two focuses on an elliptic columnar surface to the other focus.

**SOLUTION:** In an X-ray spectral element 1 having a multilayer film 3 accumulated on a base 2, a part of the focus F1, F2 side of an elliptic cylindrical surface E1 extending in paper surface vertical direction represented by  $x^2/a^2+y^2/b^2=1$  in respect to orthogonal coordinate xyz (z-axis passes the origin O and extends on this side vertical to the paper surface) is taken as a diffracting surface 1a. The periodic length d0 of the multilayer film 3 is set so that X-rays 4A, 4b having a wavelength to be diffracted which are emitted vertically to z-direction from one focus F1 of the two linear focuses F1, F2 extended in z-direction of the elliptic cylindrical surface E1 is diffracted in an optional point on the diffracting surface 1a by the diffracting surface 1a and converged to the other focus F2 vertically to z-direction.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 28.04.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 08.04.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-64595

(43)公開日 平成11年(1999)3月5日

(51)Int.Cl.<sup>o</sup>

G 2 1 K 1/06

識別記号

F I

G 2 1 K 1/06

B

審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全4頁)

(21)出願番号 特願平9-230875

(71)出願人 000250351

理学電機工業株式会社

大阪府高槻市赤大路町14番8号

(22)出願日 平成9年(1997)8月27日

(72)発明者 新井 智也

大阪府高槻市赤大路町14番8号 理学電機  
工業株式会社内

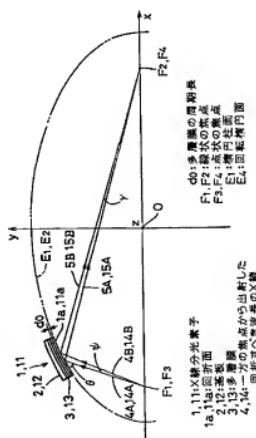
(74)代理人 弁理士 杉本 修司 (外1名)

(54)【発明の名稱】 X線分光素子

(57)【要約】

【課題】 強度が十分でバックグラウンドも少なく収斂するX線を生成できるX線分光素子を提供する。

【解決手段】 基板上に多層膜を堆積させたX線分光素子において、直交座標 y z について  $x^2/a^2 + y^2/b^2 = 1$  で表される橙円柱面の焦点側の一部を回折面とし、多層膜の周期長が、前記橙円柱面の z 方向に延びる線状の 2 焦点のうち一方の焦点から z 方向に垂直に射出した回折すべき波長の X線を、回折面で回折し、他方の焦点に z 方向に垂直に集光させるように設定される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に多層膜を堆積させたX線分光素子において、直交座標x y zについて、 $x^2/a^2 + y^2/b^2 = 1$ で表される楕円柱面の焦点側の一部を回折面とし、多層膜の周期長が、回折面上の任意の点において、前記楕円柱面のz方向に延びる線状の2焦点のうち一方の焦点からz方向に垂直に射出した回折すべき波長のX線を、回折面で回折して、他方の焦点にz方向に垂直に集光させるように設定されていることを特徴とするX線分光素子。

【請求項2】 基板上に多層膜を堆積させたX線分光素子において、直交座標x y zについて、 $x^2/a^2 + y^2/b^2 + z^2/b^2 = 1$ で表される回転楕円面の焦点側の一部を回折面とし、多層膜の周期長が、回折面上の任意の点において、前記回転楕円面の点状の2焦点のうち一方の焦点から射出した回折すべき波長のX線を、回折面で回折して、他方の焦点に集光させるように設定されていることを特徴とするX線分光素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【00001】

【発明の属する技術分野】本発明は、強度が十分でバックグラウンドも少なく収斂するX線を生成できるX線分光素子に関するものである。

## 【00002】

【従来の技術】従来より、例えればいわゆる全反射蛍光X線分析においては、図2に示すように、線状のX線源(X線管のターゲット上の線状焦点)を紙面に垂直に延びている)20から広がって出射されるX線を、発散シリット22を用いて発散角φに絞って分光素子23に照射し、分光素子23で分光、単色化し、その分光されたX線24を1次X線として試料台25に固定された試料26の表面に微小な入射角αで入射させ、全反射したX線27を検出器28に入射させないように正面右方向へ逃がしつつ、試料26から発生した蛍光X線28を検出器29に入射させ、分析を行っている。ここで、全反射を起こすため、入射角αは、通常例えば0.05度ないし0.1度程度の微小な角度に設定される。そのため、線状のX線源20から広がって出射されるX線を、発散シリット22を用いて、0.05度程度の微小な発散角φに絞る必要がある。

## 【00003】

【発明が解決しようとする課題】したがって、X線源20から出射されるX線のごく一部21しか利用しないので、試料面26aに照射される1次X線24の強度が、正確な分析にはいまひとつ不十分となる場合がある。また、分光素子23が、ログスパイラル型やヨハニ型である場合には、X線源20側か試料26側の少なくとも一

方で光学系が焦点を結ばず、収差が生じるので、1次X線24においてバックグラウンドを十分に減少させることができず、やはり、いまひとつ十分に正確な分析ができる。

【00004】本発明は前記従来の問題に鑑みてなされたもので、強度が十分でバックグラウンドも少なく収斂(集光)するX線を生成できるX線分光素子を提供することを目的とする。

## 【00005】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するため、請求項1のX線分光素子は、基板上に多層膜を堆積させたX線分光素子において、まず、直交座標x y zについて、 $x^2/a^2 + y^2/b^2 = 1$ で表される楕円柱面の焦点側の一部を回折面とする。そして、多層膜の周期長が、回折面上の任意の点において、前記楕円柱面のz方向に延びる線状の2焦点のうち一方の焦点からz方向に垂直に射出した回折すべき波長のX線を、回折面で回折して、他方の焦点にz方向に垂直に集光させるように設定されていることを特徴とする。

【00006】請求項1のX線分光素子によれば、一方の焦点に置かれた線状のX線源から射出し例えば0.1度程度の発散角に絞られたX線を受けて回折し、他方の焦点に0.05度程度の収斂角で線状に集光せ得るので、強度が十分でバックグラウンドも少なく収斂するX線を生成できる。

【00007】請求項2のX線分光素子は、基板上に多層膜を堆積させたX線分光素子において、まず、直交座標x y zについて、 $x^2/a^2 + y^2/b^2 + z^2/b^2 = 1$ で表される回転楕円面の焦点側の一部を回折面とする。そして、多層膜の周期長が、回折面上の任意の点において、前記回転楕円面の点状の2焦点のうち一方の焦点から射出した回折すべき波長のX線を、回折面で回折して、他方の焦点に集光させるように設定されていることを特徴とする。

【00008】請求項2のX線分光素子によれば、一方の焦点に置かれた点状のX線源から射出し例えば0.1度程度の発散角に絞られたX線を受けて回折し、他方の焦点に0.05度程度の収斂角で点状に集光せ得るので、強度が十分でバックグラウンドも少なく収斂するX線を生成できる。

## 【00009】

【発明の実施の形態】以下、本発明の第1実施形態であるX線分光素子を説明する。図1に示すように、このX線分光素子1は、基板2上に多層膜3を堆積させたX線分光素子1において、まず、直交座標x y z( z軸は原点Oを通り、紙面に垂直で手前向き)について、 $x^2/a^2 + y^2/b^2 = 1$ で表される紙面垂直方向に延びる楕円柱面E<sub>1</sub>の焦点F<sub>1</sub>、F<sub>2</sub>の一部を回折面1aとする。そして、多層膜3の周期長d<sub>1</sub>が、回折面1a上の任意の点において、前記楕円柱面E<sub>1</sub>のz方向に延び

る線状の2焦点  $F_1, F_2$  のうち一方の焦点  $F_1$  から  $z$  方向に垂直に ( $z$  軸に垂直な面、例えば紙面に沿って) 出射した回折すべき波長のX線4 A, 4 Bを、回折面1 aで回折して、他方の焦点  $F_2$  に  $z$  方向に垂直に (前記  $z$  軸に垂直な面に沿って) 集光させるように設定されている。このような人工多層膜3は、たとえばタンゲステン層とシリコン層とを交互に蒸着することにより、形成でき、1組のタンゲステン層およびシリコン層の厚さの和が、多層膜3の周期長  $d$  となる。なお、図1においては、図示の容易のため、多層膜3のうち1組の層のみ示している。

$$2d \sin \theta = n\lambda \quad (n \text{ は回折次数で正整数})$$

【0012】式(1)中の  $n$  は、回折面1 aの形状を示す前記円柱面の式から導出され、これを式(1)に代入して  $n=1$  とすると、 $d$  値は、回折面上の任意の※

$$d = \lambda (a^2 + b^2 - x_1^2 - y_1^2)^{1/2}$$

【0014】 $d$  値は、基板2上に多層膜3を形成する際の蒸着時間やマスキング等の条件を変えて制御することができるの、第1実施形態のX線分光素子1は、前述した焦点  $F_1$  から出射した波長入のX線4を回折すると、  
いう回折現象を起こすような多層膜3の形成条件を見出★

$$d = \lambda \cdot [1 - (2 - \delta^2)]^{1/2}$$

【0017】すなわち、前述したように所望の回折現象を起こすように多層膜3の形成条件を調整して、第1実施形態のX線分光素子1を作製すれば、その実際の多層膜3の周期長  $d$  は、式(3)を満たすものとなる。なお、式(3)中の  $\delta$  は、多層膜3の組成等から決まる屈折率である。

【0018】第1実施形態のX線分光素子1によれば、図1に示すように、一方の焦点  $F_1$  に置かれた線状のX線源から出射し例えば0.1度程度の発散角  $\phi$  に絞られたX線4を受けて回折し、他方の焦点  $F_2$  に0.05度程度の収束角  $\gamma$  で線状に集光させることができる。すなわち、例えば0.05度程度の収束角  $\gamma$  のX線を試料に照射するのに、X線源から出射したX線を較る角度は、0.05度でなく例えば0.1度程度でよく、X線源から出射したX線を、従来の例えば2倍程度の効率で利用できる。したがって、強度が十分でバックグラウンドも少なく収束するX線5を生成できる。

【0019】次に、本発明の第2実施形態のX線分光素子を説明する。図1に示すように、このX線分光素子1は、基板1上に多層膜1を堆積させたX線分光素子1において、まず、直交座標  $x, y, z$  について、 $x^2/a^2 + y^2/b^2 + z^2/b^2 = 1$  で表される回転円面E<sub>1</sub>の焦点  $F_1, F_2$  側の一部を回折面1 aとする。すなわち、第2実施形態のX線分光素子1においては、図1に2点線で示された精円を、 $x$  軸を中心と☆

$$d = \lambda (a^2 + b^2 - x_1^2 - y_1^2 - z_1^2)^{1/2} / 2b$$

【0023】第2実施形態のX線分光素子1も、焦点  $F_1$  から出射した波長入のX線14を回折するという回

\* 【0010】すなわち、多層膜3は、精円柱面E<sub>1</sub>の一部をなす回折面1 a上の任意の点において、一方の焦点  $F_1$  に置かれた線状のX線源から出射した波長入のX線4を、入射角  $\theta$  で受けて同じ角度の反射角  $\theta$  で回折、反射するよう設定されている。ここで、回折面1 aの形状、焦点  $F_1$  の位置は既知であるから、回折面1 a上の任意の点それぞれにおいて入射角(反射角)  $\theta$  は幾何学的に一義的に決まり、また、回折すべきX線4の波長入も既知であるから、多層膜3の周期長を特徴付けるいわゆる  $d$  値は、式(1)のプラグの条件を満たす。

$$[0011]$$

$$\dots (1)$$

※点P  $(x_1, y_1, z_1)$  において、式(2)で表される。

$$[0013]$$

$$\dots (2)$$

★して調整することにより、作製することができる。

【0015】ただし、この  $d$  値は、X線の屈折現象により、厳密には多層膜3の実際の周期長  $d$  とは一致せず、式(3)の関係があることが知られている。

$$[0016]$$

$$\dots (3)$$

★して回転させた回転精円面E<sub>1</sub>の一部を回折面1 aとし、図1は断面図となる。そして、多層膜3の周期長  $d$  が、回折面1 a上の任意の点において、前記回転精円面E<sub>1</sub>の点状の2焦点  $F_1, F_2$  のうち一方の焦点  $F_1$  から出射した回折すべき波長のX線4 A, 4 Bを、回折面1 aで回折して、他方の焦点  $F_2$  に集光させるよう設定されている。

【0020】すなわち、多層膜3は、回転精円面E<sub>1</sub>の一部をなす回折面1 a上の任意の点において、一方の焦点  $F_1$  に置かれた点状のX線源から出射した波長入のX線14を、入射角  $\theta$  で受けて同じ角度の反射角  $\theta$  で回折、反射するよう設定されている。ここで、回折面1 aの形状、焦点  $F_1$  の位置は既知であるから、回折面1 a上の任意の点それぞれにおいて入射角(反射角)  $\theta$  は幾何学的に一義的に決まり、また、回折すべきX線14の波長入も既知であるから、多層膜3の周期長を特徴付けるいわゆる  $d$  値は、第1実施形態のX線分光素子1と同様に、式(1)のプラグの条件を満たす。

【0021】式(1)中の  $\sin \theta$  は、回折面1 aの形状を示す前記回転精円面の式から導出され、これを式(1)に代入して  $n=1$  とすると、 $d$  値は、回折面上の任意の点P  $(x_1, y_1, z_1)$  において、式(4)で表される。

$$[0022]$$

$$\dots (4)$$

折現象を起こすような多層膜3の形成条件を見出しつつ調整することにより、作製することができる。ただし、

第1実施形態のX線分光素子1と同様に、d値は、X線の屈折現象により、厳密には多層膜13の実際の周期長d<sub>1</sub>とは一致せず、前式(3)の関係がある。すなわち、所望の回折現象を起こすように多層膜13の形成条件を調整して、第2実施形態のX線分光素子1-1を作製すれば、その実際の多層膜13の周期長d<sub>1</sub>は、式(3)を満たすものとなる。

【0024】第2実施形態のX線分光素子1-1によれば、一方の焦点F<sub>1</sub>に置かれた点状のX線源から出射し例えば0.1度程度の発散角ψに絞られたX線14を受けて回折し、他方の焦点F<sub>2</sub>に0.05度程度の収敛角γで点状に集光させることができる。すなわち、例えば0.05度程度の発散角γのX線を試料に照射するのに、X線源から出射したX線を絞る角度は、0.05度でなく例えば0.1度程度でよく、X線源から出射したX線を、従来の例えば4倍程度の効率で利用できる。したがって、強度が十分でバックグラウンドも少なく収敛\*

\*するX線15を生成できる。

#### 【0025】

【発明の効果】以上に説明したように、本発明によれば、強度が十分でバックグラウンドも少なく収敛するX線を生成できる。

#### 【図面の簡単な説明】

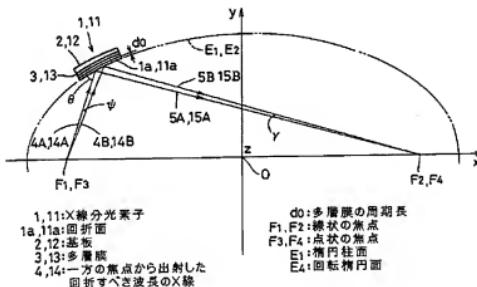
【図1】本発明の第1または第2実施形態であるX線分光素子を示す正面図または断面図である。

【図2】従来の全反射蛍光X線分析装置を示す斜視図である。

#### 【符号の説明】

1, 11-X線分光素子、1a, 11a…回折面、2, 12…基板、3, 13…多層膜、4, 14…一方の焦点から出射した回折すべき波長のX線、d<sub>1</sub>…多層膜の周期長、F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>…線状の焦点、F<sub>3</sub>, F<sub>4</sub>…点状の焦点、E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>…梢円柱面、E<sub>3</sub>, E<sub>4</sub>…回転梢円面。

【図1】



【図2】

